FTTH 保守用オールインワン測定器アクセスマスタ MT9080 シリーズの開発

Development of All-in-One MT9080 ACCESS Master Series for FTTH Maintenance

今津善文　Yoshifumi Imazu，清水雅哉　Masaya Shimizu，加藤敬太　Keita Kato，堀　重雄　Shigeo Hori，
岩崎王亮　Kimiaki Iwasaki

［要　旨］　FTTH(Fiber To The Home)の保守で必要な OTDR，光パワーメータ，心線対照用光源，可視光源そして IP ネットワーク接続確認機能を搭載したアクセスマスタ MT9080 シリーズを開発した。大きさは B5 サイズ，重量約 2kg でフィールドでの持ち運びは容易である。OTDR，光パワーメータおよび心線対照用光源は同一ポートとし，光コネクタのつなぎ換えなしに障害探索を行うことが可能である。OTDR はデッドゾーン1m 以下を実現し，FTTH ドロップ光ファイバケーブル障害位置を高分解能で判断できる。IP ネットワーク接続確認機能は 10/100Base-T そして 1000Base-T において，フルワイヤレートでのネットワークスピード測定を可能としている。

［Summary］　We have developed the MT9080 ACCESS Master series with OTDR, optical power meter, light source, visual fault locator and IP network connectivity check function for FTTH maintenance. The ACCESS Master is compact (B5 size) and lightweight (2 kg) for easy field use.　The OTDR, optical power meter and light source for fiber identification functions use the same optical port, permitting troubleshooting without changing the optical connector.　The ACCESS Master has an event dead zone of less than 1 m, which is very useful for evaluating for short optical fibers used in FTTH.　By using the IP network connectivity check function, it is possible to measure download speeds of 10/100Base-T and 1000Base-T access services, and the performance is sufficient to measured full-wire-rate download speeds.

1　はじめに

近年のブロードバンドインターネットアクセス人口の増加を背景に，FTTH（Fiber to the home）を代表とする光アクセス網の建設が進んでいる。総務省発表によると，2005 年 8 月には日本での FTTH 加入者数が CATV 加入者数を抜いて 400 万加入に達し，2010 年には 1,500 万加入に達すると予想，そしてブロードバンドアクセスの牽引役は FTTH であるとしている。

一方，加入者数の増加とともに FTTH に関する光ファイバケーブルトラブルおよびネットワークトラブルが増加しており，キャリアやインターネットサービスプロバイダにとって，迅速な対応が大きな課題となっている。

そこで今回，FTTH 保守に必要となる，光パルス試験，光パワーメータ，心線対照用光源，可視光源そして IP ネットワーク接続確認機能を持ち，光ファイバケーブルの障害判断はもとより，ネットワークの障害判断をも可能とするオールインワン測定器，アクセスマスタ MT9080 シリーズを開発したので報告する。

現在の保守業務形態では，光ファイバ系の保守とネットワーク系の保守は担当が分かれており，オールインワンが必要とされる場面は少ない。しかし，アクセスマスタは，今後の FTTH 加入者増を考え，光アクセス網のトラブルシューティングを 1 人の作業員で対応できるようにという我々の提案製品でもある。

図 1 にアクセスマスタ（MT9081D）の外観を示す。

図 1　MT9081D アクセスマスタの外観
External view of MT9081D ACCESS Master

2　開発方針

FTTH 保守に必要な性能，機能を本器一台で持つことを目標に以下の開発方針を立てた。

（1）　オールインワン

現場で必要な，光パルス試験，光パワーメータ，心線対照用光源，可視光源そして IP ネットワーク接続確認機能を，従来の光パルス試験器（MW9076 シリーズ）より小型軽量な一筐体に納める。これにより，作業員が現場に持っていく機器を最小限にし，かつ現場での機動性を向上させる。

(2)　短距離系ファイバの障害解析性能の向上

FTTH の光ファイバの保守においては，特に加入者宅内から A/O クロージャまでの短距離区間での障害解析性能が要求される。そこで，光パルス試験機能のイベントデッドゾーンを1.0m以下とし，光ファイバの障害位置が加入者宅内か宅外なのかを，確実に切り分けできるようにする。

(3)　現場での使用を考慮した操作性

測定器をあまり使い慣れていない保守作業員でも簡単に使える操作性とする。

(a) わかりやすい操作メニュー

オールインワンで組込まれている各機能の選択メニューを，起動時画面でトップメニューとして表示する。また，操作方法をできるだけ画面表示し，取扱説明書がなくても操作できるようにする。

(b) 障害解析結果の見やすさ

障害解析結果をわかりやすくはっきり表示する。

(4)　フルワイヤレートダウンロードスループット測定

ネットワークのダウンロードスループット測定時，現在一般に行われている市販PC（Personal Computer）を使用した測定では，PC の性能に左右され，測定結果が実回線の性能を必ずしもあらわしたものではなくなる。本器のIPネットワーク接続確認機能におけるダウンロードスループット測定は，回線本来のダウンロードスループットをフルワイヤレートで計測できるようにする。

(5)　短波長光パルス試験機能

光ファイバケーブルの障害点探索を加入者宅側から行う場合，光パルス試験波長は基本的に通信光と同じ 1.31μm や 1.55μm を使用する。光ファイバが完全に断となっている障害であれば問題がないが，そうでない場合は，通信サービスに影響を与えてしまったり，最悪の場合伝送装置を破損させてしまったりする可能性もある。これを回避するため現状は，測定時に伝送装置側の光ファイバを取り外す，あるいは光ファイバを途中で曲げて光パルス試験光の伝送装置側への到達を防止するといった処置が取られている。しかし手間を必要とし，また，共有型のネットワーク（PON：Passive Optical Network）の場合は同時に複数の加入者がネットワークに接続しているため，伝送装置側の光ファイバを外すことができないという問題がある。

そこで，通信サービスに影響を与えずに光ファイバケーブルの障害探索を可能にするため，短波長モデルをラインナップとして揃える。

3　基本構成・原理

本器の基本構成を**図 2** に示す。

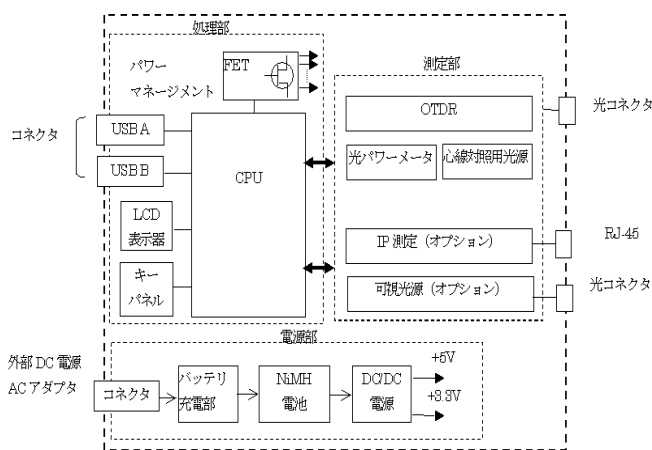



図 2　MT9080 シリーズの基本構成
Block diagram of MT9080 series

処理部，測定部および電源部から構成される。処理部は，CPU，LCD 表示器およびキーパネルからなり，外部 I/F として USB I/F（ホストおよびファンクション）を持つ。測定部は光パルス試験（OTDR: Optical Time Domain Reflectometer），光パワーメータ，心線対照用光源，可視光源そして IP ネットワーク測定の各部より構成され，OTDR 部，光パワーメータ部および心線対照用光源部は測定光コネクタを共用している。これにより，実際の保守作業時の光コネクタつなぎ換えを最小にできる。なお，可視光源部および IP ネットワーク測定部はオプションで実装する構造としている。電源部はNiMHバッテリ動作とACアダプタ動作ができる回路構成である。また，省電力化のため，未使用状態にある回路ブロックへの供給電力をオフにするパワーマネージメント機能を搭載している。

4　設計の要点

4.1　オールインワン

必要とされるすべての機能を小型筐体に収容させるために，回路や部品の小型軽量化と低消費電力化設計を行った。

まず，OTDR 部,光パワーメータ部および心線対照用光源部は同時並列動作の必要がないことから，光部品を含めた回路の共用を行うことで小型化，軽量化を図った。

OTDR 部では発光素子である LD と受光素子である APD を使用しているが，心線対照用光源部は，この OTDR 部 LD を共用し，電流および温度制御を行うことで心線対照用光源として必要な光出力を得る設計とした。その結果，連続光出力−5dBm を実現し，変調光（270/1k/2kHz）出力にも対応した。光パワーメータ部は，OTDR 部の APD を受光センサとして共用し，APD バイアス電圧とアンプのゲイン切り換えにより，保守用光パワーメータとして十分な性能である測定範囲−50〜−5dBm，測定確度±6.5%を実現した。

また，電源回路の高効率化とともにパワーマネージメント機能により，動作状態に応じて各回路ブロックへの供給電力をこまめに ON/OFF し低消費電力化を図った。これによりバッテリの小型化を実現し，熱対策も行えた。

以上により，オールインワンでありながら，MW9076 シリーズに比較し体積 30%減，質量 40%減，消費電力 40%減となる，大きさ B5 サイズ，質量 2kg，通常消費電力 6W を実現した。

4.2 短デッドゾーン

短距離区間での障害解析能力を低下させるイベントデッドゾーンは，被測定ファイバのコネクタ接続や破断点でのフレネル反射光により生じる。

イベントデッドゾーンを短縮し目標である 1m 以下とするためには，送出光パルス幅を狭め，フレネル反射光に対する受光回路の波形応答を高速かつ素直にすることが必要となる。

この実現のため波形応答シミュレーションを行い，最適な光パルス幅や受光帯域等の回路パラメータを算出した。そして，その結果をもとに回路設計を行った。パルス幅は従来の 10ns から 3ns に狭め，浮遊容量を抑えノイズ増加を考慮しながら受光回路帯域を拡大し，ADコンバータのアナログ入力帯域も従来の 60MHz から 300MHz へ拡大した。

図 3 にイベントデッドゾーン検証用に 1m 間隔でコネクタ接続された光ファイバの測定例を示す。実線が本器での測定波形，破線がシミュレーション波形である。2 つのコネクタ接続点がはっきり分離観測され，イベントデッドゾーンが 1m 以下であることがわかるともに，シミュレーションと同等な波形が得られていることもわかる。

また，FTTH における代表的宅内配線を模擬した光ファイバ（1.5m+4m+10m）の測定例を**図 4** に示す。MW9076 シリーズでは分離できなかった 1.5m 地点のメカニカルスプライスがはっきり観測されている。また，4m 地点のメカニカルスプライスもより明確に良否判断ができる。

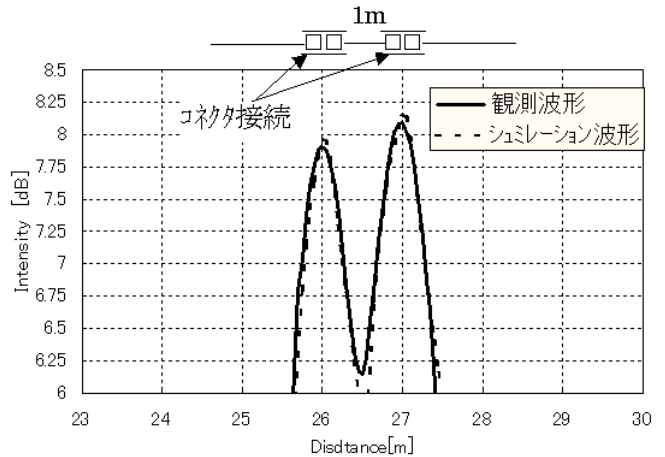



図 3　イベントデッドゾーン測定結果と
シミュレーション波形
Measurement of event dead zone

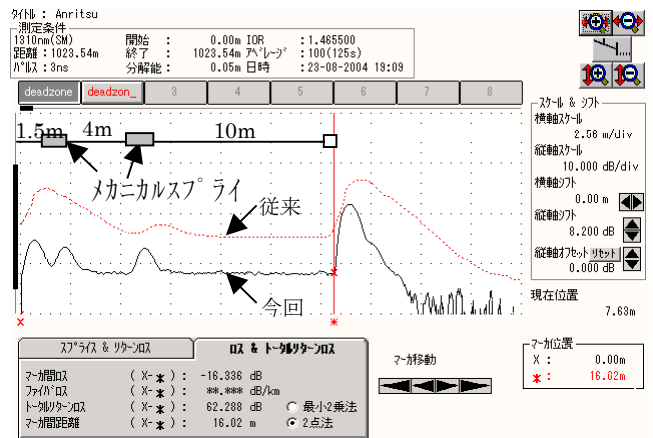



図 4　短尺ファイバ（約 1.5+4+10m の接続）測定例
Measurement of short optical fiber

4.3 操作性向上

測定器をあまり使い慣れていない保守作業員でも，取扱説明書を見ずに簡単に使える操作性を目標に，以下の操作性設計を行った。

(1)　トップメニュー形式

オールインワンで組込まれている各機能の選択メニューを起動時の画面にトップメニューとして表示し，その中から実施したい測定項目を選択する形式とした（**図 5**）。

また，従来機種の操作性分析の結果，操作がわからなくなったときにユーザが一番困惑するのが，今どのような状態になっていて，どうすれば元の状態に戻るのかがわからないことであった。そこで本器では，どの画面からでも，専用のパネルキーを押すことにより，ワンキーでトップメニュー画面が表示されるようにした。

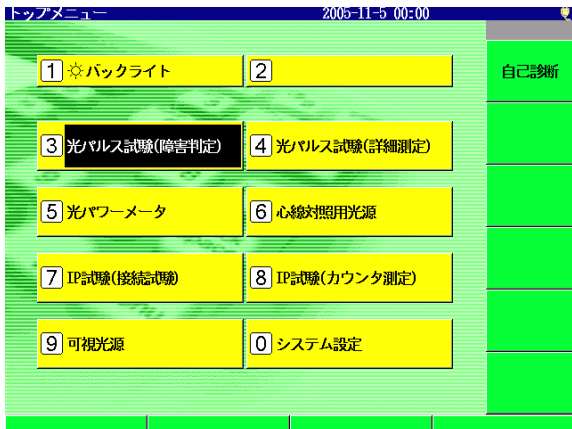



図 5　トップメニュー画面

Top menu screen

(2)　操作メニューの低階層化

測定器は機能が多くなると，操作を行うためのメニュー階層が深くなる傾向にある。しかし，これではどのメニューのどの階層にどのような機能があるのかを理解するまでは，その機能を使うのに戸惑うことが多い。

本器では，トップメニューによるメイン測定機能の選択，10 個のファンクションキーの組み合わせによる操作メニューの低階層化，機能の表示エリアに名称を大きく表示することで目的の機能をすぐに見つけられる構造とした。

(3)　操作ヘルプ表示

設定を行う際に，設定項目の意味やキー操作を自動的に画面上に表示するようにした（図 6）。また，エラーメッセージを表示する際も可能な限り原因や対処方法を表示するようにした。そのため，取扱説明書を見なくてもある程度の操作が行えるようになっている。

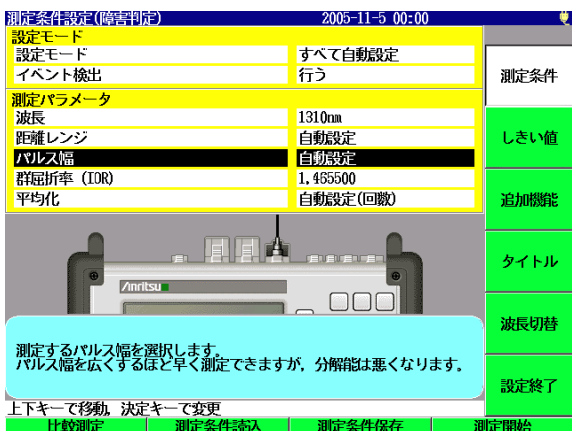



図 6　操作ヘルプ表示例

Example of Help window

(4)　用途別の測定モードおよび見やすい障害判定結果表示

光パルス試験機能の使われ方として，障害位置を検出したいだけのケースと，光ファイバの各接続点の接続損失と反射等の特性を測定したいケースがある。この異なる測定目的に対して 1 つの操作体系で対応しようとすると複雑になるか，それぞれの測定目的に対して不十分な操作体系になってしまう。

本器では，障害位置を検出したいときの"障害判定"モードと，光ファイバの特性データを測定するときの"詳細測定"モードの 2 つを用意することで，この問題を解決した。

“障害判定”モードは，障害と思われる箇所を可能性が高い順に障害点候補として表示する。さらに波形を大きく表示するか，障害点候補の数値情報を大きく表示するか切り替えできるようにし，ユーザのスキルに応じ結果表示の見やすさも考慮した（図 7）。

図 7　障害判定結果画面

Fault location mode screen

(5)　測定データファイル取扱性向上

測定したデータは，後から別の場所で PC にて処理することが多い。そのため，本器では PC との親和性を念頭に置き，2 種類の USB I/F を装備した。

一つは，最近フロッピーディスクに代わって広く使われている USB メモリを使用するための I/F である。もう一つは，PC と接続するための I/F である。市販の USB ケーブルで PC と接続すると，本器の内部メモリがマスストレージデバイスとして認識され，PC 側からは一つのドライブとして見える。この 2 つの方法によりユーザは測定データを

簡単に PC 上で処理できる。

(6) 起動時間短縮

測定したい時にすぐに起動することは，現場での作業性に大きく影響する。また，すぐに起動/終了することで，測定器を短時間使用しないときに電源を切っても作業にあまり影響せず，バッテリ動作時間を実質的に伸ばすことができる。

本器では，起動処理の最適化を行い，MW9076 シリーズの約 3 分の 1 となる 15 秒以内の起動時間を実現した。

4.4 オープンソースソフトウェアの利用

基本 OS は Linux とした。主な選択理由は下記による。

- ランタイムライセンスフリー
- 豊富なオープンソースソフトウェアがある
- 動作が安定しているため組込み用途にも使用できる

そして，Linux を採用したことにより，多くのオープンソースのソフトウエアを検討し，装置を開発する上で最適なソフトウエアを選択/使用することが可能になった。

本器では，連文節変換可能な日本語入力機能を実現するために，UNIX の世界で広く使用されている日本語入力エンジンの FreeWnn[1]を利用した。また，ウインドウシステムとして，Microwindows[2]を採用した。この Microwindows は，フットプリント(稼働時のメモリ使用量)が小さく，日本語および韓国語等の 2 バイトコード言語にも対応している。オープンソースであるため，Shift-JIS 文字コード表示対応等における改造が容易である。本器では本ソフトをカスタマイズすることにより，波形の高速描画も実現した。

さらに，GUI(Graphical User Interface)開発ツールとしても，オープンソースであり，小フットプリントである FLTK[3] を採用した。FLTK は C++言語で記述された GUI クラスライブラリであり，画面自体を継承できる柔軟性の高さが特徴である。本開発ではこの特徴を利用して設計することにより，ソフトウエアの再利用性を向上し，開発期間を短縮した。

また，Microwindows および FLTK は Linux PC でも動作するために，実ハードウエアが動作を始める前に GUI をデザインし，作り込むことが可能である。その結果，ソフトウェアを先行して開発することが可能となり，開発期間を短縮することができた。

このように，オープンソースソフトウェアを採用することは大きなメリットがある。しかし，オープンソースソフトウェアを使用するにあたり，使用許諾ライセンスが確認できることが採用する上での重要事項の一つである。GPL，LGPL，MPL などの許諾ライセンスを確認し，注意して実装する必要がある。

4.5 短波長光パルス試験機能 [4]

FTTH ネットワークに使用される伝送装置には，受光素子として一般に InGaAs-PD(Photo Diode)が使用されており，この素子は 0.9μm 以下の波長に対して感度が低い。そこで，光パルス試験波長として 0.9μm より短い波長を使用すれば通信サービスへの影響を低減できることに着目した。本器では，LD が安価に入手可能である波長 0.65μm～0.78μm とした。また，光パルス試験用の受光素子として，1.31/1.55μm 帯で感度の低い Si-APD を使用し，光パルス試験器側としても通信サービス光の影響を低減可能とした。

しかし，測定波長が通常の光パルス試験波長と異なるため，接続損失等の測定結果の波長特性を確認し，短波長でも障害点探索が可能かどうか把握しておく必要がある。

図 8 に，接続状態が異なる 3 タイプのメカニカルスプライスの測定結果を示す。測定波長は 0.65μm，1.31μm，1.55μm そして 1.65μm である。

波長	0.65μm	1.31μm	1.55μm	1.65μm
MSP1ロス[dB]	0.32	0.32	0.30	0.32
MSP1リターンロス[dB]	51.65	54.78	51.95	56.13
MSP2ロス[dB]	0.16	0.17	0.17	0.15
MSP2リターンロス[dB]	49.63	50.98	49.62	48.39
MSP3ロス[dB]	1.30	1.81	1.77	1.76
MSP3リターンロス[dB]	50.36	67.38	58.38	56.26

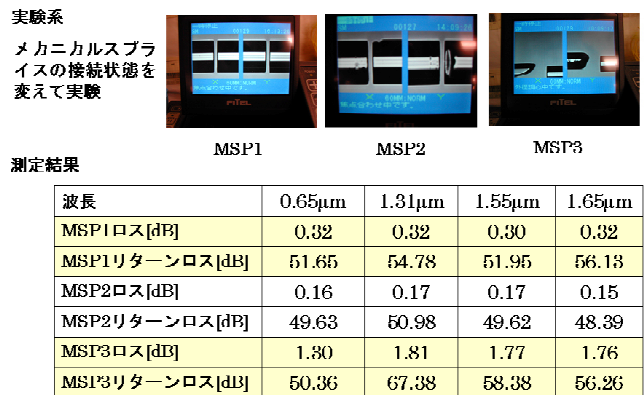



図 8 メカニカルスプライス測定結果
Measurement of mechanical splice

図 8 上部の写真は，接続する 2 本のファイバの端部を X 軸と Y 軸の 2 方向から写したものである。MSP1 は正常にファイバを切断してメカニカルスプライスで接続したもの，MSP2，3 はカッターナイフでファイバを切断し，ファイバ端面を異常状態としたものである。

この結果から，接続損失(ロス)は 0.65μm の波長であっても 1.31/1.55μm と同様な測定結果が得られており，障害点探索には十分使用可能であることがわかる。

図 9 に，上記測定のうち，MSP3 メカニカルスプライスの 0.65μm での光パルス試験波形を例として示す。

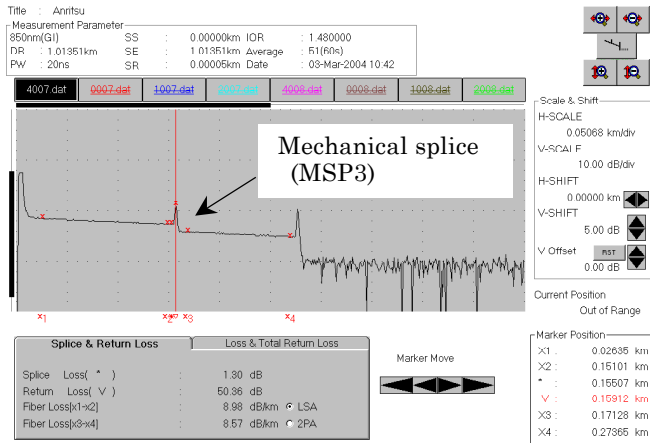



図 9　0.65µm でのメカニカルスプライス測定結果
Measurement of mechanical splice using 0.65-µm LD

また，波長が短くなると，光ファイバの曲げに対する損失が生じにくくなることが知られている。そこで，光ファイバを直径 15mm に巻いて曲げ損失の波長特性を測定した。巻き数は 0，1，2，3 回の 4 種類とし，測定波長は 0.65µm，1.31µm，1.55µm そして 1.65µm である。

結果を**図 10** に示す。この結果から，0.65µm の曲げ損失は 1.31µm と同等であることがわかった。したがって，曲げ障害箇所の検出能力は 1.31µm と同程度であると言える。

	波長	小径巻回数[回] 0	1	2	3
曲げロス [dB]	0.65µm	0	0.82	1.16	1.4
	1.31µm	0	0.15	0.69	0.93
	1.55µm	0	7.97	17.6	―
	1.65µm	0	8.56	―	―

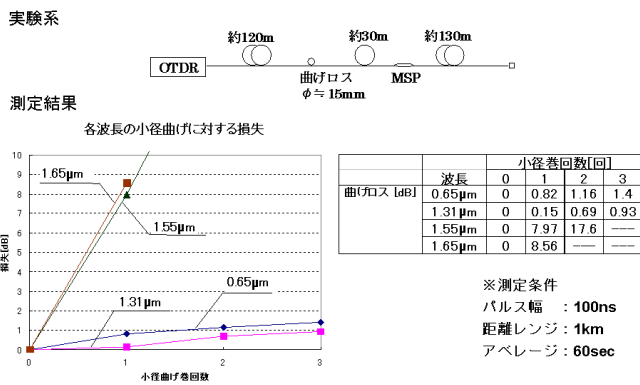
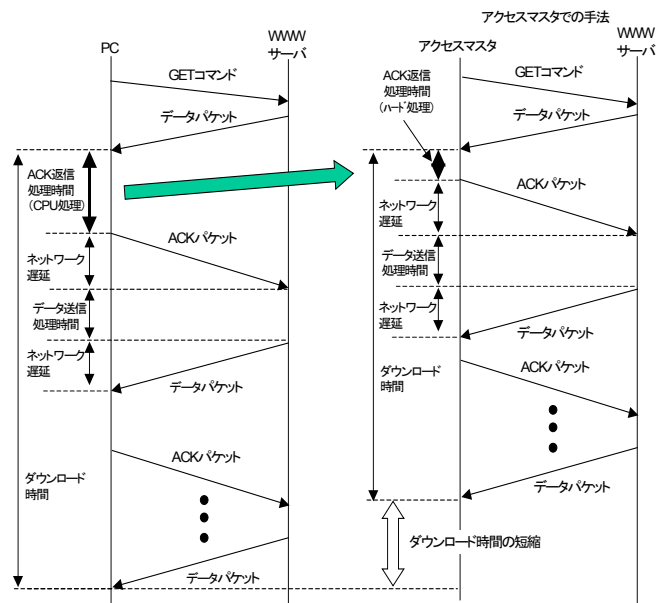



図 10　曲げ損失測定
Measurement of bending

4.6 IP ネットワーク接続確認機能

ダウンロードスループット測定とは，IP/TCP/HTTP プロトコルを使用して，HTTP サーバ上に存在するファイルをダウンロードし，そのスループットを測定するものである。PC を使用して同様の測定を行うことは可能であるが，測定結果が PC の CPU 処理能力（TCP プロトコル処理）に依存してしまう。

図 11　ダウンロードスループット測定シーケンス
Download throughput test

そこで，本器では TCP/IP 処理部分を FPGA（Field Programmable Gate Array）により処理し，**図 11** に示すように，CPU に依存していた TCP ACK パケットの送信処理（データパケットを受信してから，TCP ACK パケットを送信するまでの処理）をハードウェアで行うことで正確にスループットを測定するようにした。

しかし，この測定手法を実現するにあたり次の課題があった。

- TCP の再送制御を実装すると回路規模が大きくなる。
- ダウンロードに必要な一連のプロトコルシーケンスを一部ハードウェア処理を含む構成でどのように処理するか。

それぞれの課題に対して，以下の方針で実現することとした。

- TCP の再送制御はしない。ACK の送信条件，タイミングをハードウェアで計算し，TCP の ACK パケットを送信する。
- TCP のコネクション処理はソフトウエアで行う。また，送信する必要のある HTTP コマンドについては，必要な情報を受信データパケットから取り出し，ハードウェアにて送信処理を行う。

以上の対応により，フルワイヤレートでのダウンロードスループット測定を可能とした。

表 1 に，100Base-T Full Duplex の接続形態でのダウンロードスループット測定実験結果を示す。理論値 94.93 Mbit/s（100 Mbit/s×1460（TCP セグメントデータ本体）/1538（Ethernet フレームのデータ））に対して，PentiumⅢPC での測定結果は 51.25 Mbit/s，本器は 92.22 Mbit/s という結果であった。

表 1　ダウンロードスループット測定実験
Download throughput test result

サーバ	測定装置	測定結果
CPU: PentiumⅢ 930 MHz Memory: 256 MByte OS: Linux	CPU: PentiumⅢ 930 MHz Memory: 384 MByte OS: Windows2000	51.25 Mbit/s
	アクセスマスタ	92.22 Mbit/s

5　規格

表 2 にMT9081D，MT9081R，オプション 001 の IP ネットワーク接続確認機能およびオプション 010 1000BASE-T インターフェース追加の規格を示す。

6　むすび

FTTH 保守に必要となる，光パルス試験，光パワーメータ，心線対照用光源，可視光源そして IP ネットワーク接続確認機能を大きさ B5サイズ，質量 2kgの小型軽量筐体に搭載し，光ファイバケーブルの障害判断はもとより，ネットワークの障害判断をも可能とするオールインワン測定器，アクセスマスタ MT9080 シリーズを開発した。

光パルス試験機能は 1m 以下のイベントデッドゾーンを実現し光ファイバの障害位置が加入者宅内か宅外なのかを，確実に切り分けできる。また，現場での使用を考慮し，測定器をあまり使い慣れていない保守作業員でも簡単に使える操作性とした。

本器が，FTTH 保守作業の効率化に少しでも貢献できることが我々開発チームの願いである。今後は光パルス試験性能と操作性の更なる向上，ネットワーク試験機能の拡充等について検討していきたい。

参考文献

1)　http://www.freewnn.org/参照
2)　http://www.microwindows.org/参照
3)　http://www.fltk.org/参照
4)　吉田陽子，牧達幸：“0.65μmOTDR による光スプリッタ下部故障判定の一提案” 2004年電子情報通信学会総合大会，B-13-13，pp581,2004

執筆者

今 津 善 文
計測事業統轄本部
IP ネットワーク事業部　第 1 開発部

清 水 雅 哉
計測事業統轄本部
IP ネットワーク事業部　第 1 開発部

加 藤 敬 太
計測事業統轄本部
IP ネットワーク事業部　第 1 開発部

堀 重 雄
計測事業統轄本部
IP ネットワーク事業部　第 1 開発部

岩 崎 王 亮
計測事業統轄本部
IP ネットワーク事業部　第 1 開発部

表 2　MT9081D/R およびオプション 001/010 の規格
Specifications of MT9081D/R and option 001/010

項目	仕様	
形名	MT9081D	MT9081R
波長	1310/1550±30 nm	780±20 nm
被測定ファイバ	10/125μm シングルモードファイバ（ITU-T G.652）	
光コネクタ	FC, SC, ST, DIN, HMS-10/A, LC	
距離レンジ	0.5/1/2.5/5/10/25/50/100/200 km	0.5/1/2.5 km
パルス幅	3/10/20/50/100/200/500/1000/2000/4000/10000/20000 ns	5 /10 ns
ダイナミックレンジ(SNR=1, 25℃)	38/36.5 dB (パルス幅 20 μs)	8 dB (パルス幅 10 ns)
デッドゾーン （後方散乱光，ORL：40 dB）	7/8m	7m
デッドゾーン （フレネル反射，ORL：40 dB）	1m	1 m
マーカ分解能	0.05 ～ 400 m	0.05 ～ 5 m
サンプリング分解能	0.05 ～ 40 m	0.05 ～ 0.5 m
縦軸スケール	0.05/0.125/0.25/0.5/1.25/2.5/5/6.5 dB/div	
距離測定確度	±1 m ± 3 × 測定距離× 10^{-5}±マーカ分解能 (ファイバの屈折率による不確定性を除く)	
心線対照用光源機能	中心波長：1310/1550±30 nm，光出力パワー：－5 dBm 以上 光出力波形：CW/270 Hz/1 kHz/2 kHz (変調光は方形波)	－
光パワーメータ機能	光パワー測定範囲：－50～－5 dBm，測定確度：±6.5%	－
インターフェース	USB 1.1	
寸法・質量	254 (W) × 162 (H) × 61 (D) mm (突起部含まず)，≦ 2 kg (本体のみ)	
環境条件	動作温度・湿度：0～+40℃，≦85%，(AC アダプタ使用時≦80%) (結露しないこと)	

項目	仕様	
形名	MT9081[ ]-001/MT9080[ ]-001	MT9081[ ]-011/MT9080[ ]-011
品名	IP ネットワーク接続確認機能	1000BASE-T インターフェース追加
測定 IF	10BASE-T/100BASE-TX：1 ポート	10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T：1 ポート
IF 速度 その他	10M/100M Full, Half, オートネゴシエーション 自動 MDI/MDI-X	
接続確認機能 接続モード VLAN VID / COS 値 接続合否判定	 PPPoE 接続，DHCP 接続，手動接続 DHCP 接続モード，手動接続モード時設定可能（1 段のみ） 1～4094 / 0～7 OK / NG	
接続試験機能 Ping 試験 回数 / タイムアウトしきい値 トレースルート試験 タイムアウトしきい値 / ホップ数	接続確認機能により接続完了後，実行可能 1～999 / 1～60 秒 2～60 秒 / 1～255	
ダウンロードスループット測定 ダウンロードファイルサイズ ダウンロードスループット値	フルワイヤレートに対応。接続確認機能により接続完了後，実行可能 1GB まで可能 ダウンロードファイルサイズ[bit] / ダウンロード時間[s]	
スループット測定 フレームサイズ 送信レート 1 回あたりの送信時間 スループット精度 損失許容しきい値	接続確認機能により接続完了後，実行可能 64, 128, 256, 512, 768, 1024, 1280, 1518, 9018, 9618 フレームサイズ 9018, 9618 はリンク速度が 1000BASE-T の場合に有効 回線帯域の 1～100%(フルワイヤレート)，ステップ 1% 5, 10, 15, 20, 30, 60, 180, 300 秒 回線帯域の 1%, 5%のいずれか選択 0, 0.01, 0.1, 1, 5, 10%	
カウンタ測定 測定時間 / 対象フレーム	 1～720 分，ステップ 1 分 / すべて，PPPoE フレームのみ，VLAN フレームのみ	

論　文

FTTH 保守用オールインワン測定器
アクセスマスタ MT9080 シリーズの開発

「アンリツテクニカル」82号（2006.3）より抜粋

アンリツ株式会社